

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 11-157067

(43)Date of publication of application : 15.06.1999

(51)Int.Cl.

B41J 2/045

B41J 2/055

(21)Application number : 09-330067

(71)Applicant : RICOH CO LTD

(22)Date of filing : 01.12.1997

(72)Inventor : OTA HIDEKAZU

(54) RECORDING HEAD

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To prevent the deformation of a vibration plate when an anode-connection is made between a vibration plate substrate of a recording head and an electrode substrate.

SOLUTION: In the recording head wherein a vibration plate is deformed by electrostatic forces acting between an electrode and the vibration plate to generate pressures, whereby a recording material is delivered onto a recording medium, when an angle formed between a side surface of a step provided in an electrode substrate to keep the interval between the vibration plate and the electrode and a surface provided on the electrode is very acute, in order to prevent the deformation of the vibration plate due to a large electrostatic force generated at the step when an anode-connection is made, the angle is made equal to 14 degrees or more, or the potential of the electrode made equal to that of the vibration plate substrate.

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公 開 特 許 公 報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平11-157067

(43)公開日 平成11年(1999) 6月15日

(51)Int.Cl.⁶

B 4 1 J 2/045
2/055

識別記号

F I

B 4 1 J 3/04

1 0 3 A

審査請求 未請求 請求項の数7 O L (全 8 頁)

(21)出願番号 特願平9-330067

(22)出願日 平成9年(1997)12月1日

(71)出願人 000006747

株式会社リコー

東京都大田区中馬込1丁目3番6号

(72)発明者 太田 英一

東京都大田区中馬込1丁目3番6号 株式
会社リコー内

(74)代理人 弁理士 高野 明近

(54)【発明の名称】 記録ヘッド

(57)【要約】

【課題】 記録ヘッドの振動板基板と電極基板とを陽極接合する際における振動板の変形を防止する。

【解決手段】 電極と振動板の間に働く静電力によって振動板を変形せしめ、その発生した圧力によって記録体を被記録体に吐出する記録ヘッドにおいて、前記振動板と電極との間隔を一定に保つため前記電極基板に設けられた段差部の側面と電極の設けられた面とのなす角度が著しく鋭角である場合、陽極接合時に前記段差部に発生する大きな静電力による振動板の変形を防止するため、前記角度を14°以上にするか、電極と振動板基板を同電位とする。

【特許請求の範囲】

【請求項1】 記録体を吐出する吐出口と、記録体に吐出の圧力を加える加圧液室を有し、加圧液室の一部を構成する振動板が形成された振動板基板と、振動板と対向する位置に形成された第1電極を持つ電極基板とを有し、前記電極と振動板の間に働く静電力によって振動板を変形せしめ、発生した圧力によって記録体を被記録体に吐出する記録ヘッドにおいて、前記振動板と電極との間隔を一定に保つため前記電極基板に設けられた段差の側面と電極の設けられた面とのなす角度が 14° 以上であることを特徴とする記録ヘッド。

【請求項2】 請求項1に記載された記録ヘッドにおいて、前記段差の側面に第2の電極を設けたことを特徴とする記録ヘッド。

【請求項3】 請求項2に記載された記録ヘッドにおいて、前記第2の電極が前記振動板基板と電気的に接していることを特徴とする記録ヘッド。

【請求項4】 請求項3に記載された記録ヘッドにおいて、前記振動板基板と電極基板とが陽極接合される以前は、前記第1電極と第2電極が引き出し電極部で接続されており、陽極接合後には電気的に断絶した状態となることを特徴とする記録ヘッド。

【請求項5】 記録体を吐出する吐出口と、記録体に吐出の圧力を加える加圧液室を有し、加圧液室の一部を構成する振動板が形成された振動板基板と、振動板と対向する位置に形成された第1電極を持つ電極基板とを有し、前記電極と振動板の間に働く静電力によって振動板を変形せしめ、発生した圧力によって記録体を被記録体に吐出する記録ヘッドにおいて、前記段差の側面と電極の設けられた面とのなす角度が 15° 以下であって、前記第1電極が前記電極基板上面から前記段差の側面に跨って設けられ、かつ、電極上あるいは振動板の対向表面には絶縁膜が設けられていることを特徴とする記録ヘッド。

【請求項6】 請求項5に記載された記録ヘッドにおいて、前記絶縁膜の全表面エネルギーが 50 mJ/m^2 以下であることを特徴とする記録ヘッド。

【請求項7】 請求項5又は6に記載された記録ヘッドにおいて、前記絶縁膜が硬質炭素膜であることを特徴とする記録ヘッド。

【発明の詳細な説明】**【0001】**

【発明の属する技術分野】本発明は、記録ヘッドに関するものであり、カラープリント等の高画質印刷、また、マイクロポンプ、圧力センサ等の構造としても利用可能な記録ヘッドに関するものである。

【0002】

【従来の技術】オンデマンド型インクジェットヘッドとしては、液室の壁の一部を薄い振動板にしておき、ここに電気機械変換素子として圧電素子を設け、電圧印加に

伴って発生する圧電素子の変形で前記振動板を変形せしめ、液室の圧力を変化させインクを吐出する方式（ピエゾオンデマンド型）、液室内部に発熱体素子を設け、通電による発熱体の加熱によって気泡を発生せしめ、気泡の圧力によってインクを吐出する方式（バブルジェット方式）が広く一般に知られている。これらの方式には、小型化、高密度化、高速化、高画質化等の課題が有り、これらの課題を解決するものとして、静電型インクジェットが提案されている。静電型インクジェットは、液室に設けた薄い振動板を静電気で変形させ、その変形によって液室の圧力を上昇させてインクを吐出させるものである。例えば、特開平5-50601号公報ではシリコンから成る中基板に、ノズル、吐出室、インクキャビティ及び振動板をエッチングにて形成し、インク供給口を有する上基板と前記振動板に対向して電極を設けた下基板とを一体化してヘッドを構成し、振動板と電極間に電界を印加して前記の原理でインクを吐出させるものが開示されている。また、例えば、特開平6-71882号公報には、低電圧駆動を目的として、振動板と電極の間隔を $0.05\mu\text{m}\sim 2.0\mu\text{m}$ に限定したものが開示されている。

【0003】

【発明が解決しようとする課題】このような構成の静電型ヘッド（アクチュエータ）は、振動板基板と電極基板とを陽極接合法を用いて対向接合させるのが一般的である。陽極接合時には振動板基板（Si）側に+、また、電極基板（パイレックスガラス）側には-の電位を印加し、ガラス基板内のアルカリイオンの移動に伴う電荷の偏りによって両基板間に働く静電力が発生し、これを接合の駆動力の一つとしている。この際、両基板の間隔を一定にするために設けられた段差部の形状があまりにも鋭角である場合には、その部分に働く静電力が著しく大きくなり、振動板基板が変形をしたまま、接合される事態が起こる。そこで、本発明の第1の課題は、接合時に発生するこの変形を防止することであり、また、第2の課題は、段差形状によってはその部分に働く静電力が著しく大きくなる性質を積極的に利用し、比較的低電圧で振動板の変位を大きくできる構成を提供することである。また、更に第3の課題は、振動板と電極上の絶縁膜とが接触した際の両者の固着を防止する構成を提供することである。以下、各請求項毎にその課題を具体的に説明する。

【0004】請求項1の発明の課題は、振動板基板と電極基板との陽極接合時における振動板基板の変形を防止し、電極と振動板との間隔を所定に保ち、インク吐出の均一性とギャップの再現性を向上させることである。

【0005】請求項2の発明の課題は、前記段差の角度が著しく鋭角であっても、振動板基板と電極基板との陽極接合時における振動板基板の変形を防止し、電極と振動板との間隔を所定に保ち、インク吐出の均一性とギャ

ップの再現性を向上させることである。

【0006】請求項3及び4の発明の課題は、請求項2の発明の課題に加え、陽極接合時における振動板基板と電極とを同電位にするための電気配線の煩わしさを低減することである。

【0007】請求項5の発明の課題は、段差の側面と電極も設けられた面とのなす角が著しく鋭角である場合に、その部分に働く静電力が著しく大きくなる性質を積極的に利用し、比較的低電圧で振動板の変位を大きくできる構成を提供し、かつ、陽極接合時の振動板基板の変形を防ぐことで電極との間隔を所定に保つことができ、インク吐出の均一性とギャップの再現性を向上させることである。

【0008】請求項6の発明の課題は、振動板と電極上の絶縁膜とが接触した際の両者の固着を防止するとともに、陽極接合時の振動板基板の変形を防ぐことで電極との間隔を所定に保ち、かつ、インク吐出の均一性とギャップの再現性を向上させることである。

【0009】請求項7の発明の課題は、請求項5の課題に加え、振動板と電極上の絶縁膜とが接触したさいの両者の固着を防止することである。

【0010】

【課題を解決するための手段】請求項1の発明は、記録体を吐出する吐出口と、記録体に吐出の圧力を加える加圧液室を有し、加圧液室の一部を構成する振動板が形成された振動板基板と、振動板と対向する位置に形成された第1電極を持つ電極基板とを有し、前記電極と振動板の間に働く静電力によって振動板を変形せしめ、発生した圧力によって記録体を被記録体に吐出する記録ヘッドにおいて、前記振動板と電極との間隔を一定に保つため前記電極基板上に設けられた段差の側面と電極の設けられた面とのなす角度が 14° 以上である記録ヘッドである。

【0011】請求項2の発明は、請求項1に記載された記録ヘッドにおいて、前記段差の側面に第2の電極を設けた記録ヘッドである。

【0012】請求項3の発明は、請求項2に記載された記録ヘッドにおいて、前記第2の電極が前記振動板基板と電気的に接している記録ヘッドである。

【0013】請求項3の発明は、請求項2に記載された記録ヘッドにおいて、前記振動板基板と電極基板とが陽極接合される以前は、前記第1電極と第2電極が引き出し電極部で接続されており、陽極接合後には電気的に断絶した状態となる記録ヘッドである。

【0014】請求項5の発明は、記録体を吐出する吐出口と、記録体に吐出の圧力を加える加圧液室を有し、加圧液室の一部を構成する振動板が形成された振動板基板と、振動板と対向する位置に形成された第1電極を持つ電極基板とを有し、前記電極と振動板の間に働く静電力によって振動板を変形せしめ、発生した圧力によって記

録体を被記録体に吐出する記録ヘッドにおいて、前記段差の側面と電極の設けられた面とのなす角度が 15° 以下であって、前記第1電極が前記電極基板上から前記段差の側面に跨って設けられ、かつ、電極上あるいは振動板の対向表面には絶縁膜が設けられている記録ヘッドである。

【0015】請求項6の発明は、請求項5に記載された記録ヘッドにおいて、前記絶縁膜の全表面エネルギーが 50 mJ/m^2 以下である記録ヘッドである。

【0016】請求項7の発明は、請求項5又は6に記載された記録ヘッドにおいて、前記絶縁膜が硬質炭素膜である記録ヘッドである。

【0017】

【発明の実施の形態】図1は、本発明の記録ヘッドの実施例を断面で示したものである。図1において、前記記録ヘッドの下基板（電極基板）1には振動板基板4の振動板5に対向するように、第1電極2が配置されており、下基板上には振動板5と加圧液室6となる凹部が設けられた振動板基板4が接合され、さらに、その上に吐出口8及び流路9とが形成された上基板7が接合されている。前記記録ヘッドは、この構成において振動板5と電極2間に電界を印加して、振動板を静電力で変形させ、その変形或いは変形が復元するときの復元力によって液室の圧力を上昇させてインクを吐出させるものである。

【0018】下基板1と振動板基板4とは陽極接合法によって接合される。陽極接合時には振動板基板（Si）側に+を、また、電極基板（パイレックスガラス）側には-の電位を印加し、ガラス基板内のアルカリイオンの移動に伴う電荷の偏りによって両基板間に働く静電力が発生し、これを両基板を接合するための駆動力の一つとしている。この陽極接合の際に、両基板を一定にするために設けられた段差部の形状があまりにも鋭角である場合には、その部分に働く静電力が著しく大きくなり、振動板基板が変形（電極側に引き寄せられた状態で）したまま、接合される事態が起こる。本発明は、以上の問題点を解決するためになされたものであって、陽極接合時に上記のような過程で発生する振動板5の変形と段差部の形状、特に、側面の角度の関係を詳細に調査した結果、その知見に基づいてなされたものである。表1に角度 α と振動板の変形量の関係を示す。

【0019】

【表1】

角度 α ($^{\circ}$)	縦方向の変形量 μm
10	0.1
12	0.07
14	0.03
16	0.01
18	0
20	0.01

【0020】次に、図1におけるX-X'方向の断面図を示した図2を参考にして請求項1の発明を説明する。前記表は所定ギャップが $0.5\mu\text{m}$ である場合を示すものであり、この場合に許容できる縦方向の変形量はギャップの6%以下である。表から明らかなように、角度 α が大きくなるに従って、縦方向の変形量は著しく低下でき、 14° 以上では許容範囲に入る。さらに、製造上のマージンを考慮すれば、好ましくは 18° 以上であった。そこで、請求項1の発明は、前記振動板5と第1の電極2との間隔を一定に保つために設けられた段差10の側面11と第1の電極の設けられた面とのなす角度 α を 14° 以上、さらに好ましくは、 18° 以上とし、それによって、前記振動板の変形は実用上支障をきたさないレベルまで減少させるものである。

【0021】ここで、基板1、4、7の材料としては、ガラス（特には、パイレックス#7740、#7070、#7059等）、或いは、結晶シリコンが微細加工の面からは望ましいが、特にこれらに限定されるものではない。但し、振動板基板4に関しては、電圧を印加するために抵抗の低い材料が望ましく、この意味では低抵抗の結晶シリコンが好適である。

【0022】振動板5と第1電極2との間のギャップを一定に保つために設ける段差10及び電極を形成する方法について説明すると、まず、下基板1表面に段差10に相当する部分のみを開口したレジストパターン或いはエッチングマスクパターンを形成しエッチングする。この際、レジスト或いはマスク材料と基板との密着力が弱い場合、或いは、レジスト、或いは、マスク材料が基板エッチャントに侵食される場合には、段差10の側面が垂直ではなくなる。

【0023】次に、電極及び保護層の形成方法について説明する。下基板1上に電極材料として、主として金属材料の薄膜をスパッタ法、蒸着法、EB蒸着法、等の気相合成法にて堆積せしめ、フォトリソ、エッチングにて電極とした。より具体的には、金属材料として、Ti/Pt, Ni, Cu, W, Ta, NiCr, Cr等を用いて膜厚 0.05 から 0.5 ミクロン形成した。金属の他に透明導電（ITO, ZnO, SnO）等が使用できるが、これらの材料に特に限定されるものではない。また、保護層としては、 SiO_2 , SiNx , SiON 等、等の無機絶縁膜が使用され、スパッタ法、蒸着法、EB蒸着法、等の気相合成法にて堆積せしめ、フォトリソ、エッチングにて保護層とした。

【0024】さらに、振動板基板の作製方法を説明する。 $\text{Si}(100)$ 或いは (110) 表面に SiO_2 を約2ミクロンつけたものを基体として、この上の振動板に対応した位置の SiO_2 をエッチングして開口部をあけて、その部分のSiのみをKOH水溶液（数%～約45%）をエッチャントとして、 80°C において振動板の厚さまで異方性エッチングを施した。この他にウェット

の異方性エッチャントとしてはヒドラジン、TMHAなどが使用できる。また、Siの高ドーブ層を利用した選択エッチングやPN接合基板の電気化学的手法によるエッチストップ等の利用により振動板厚の制御性向上が図れる。

【0025】請求項2の発明は、図3（図には下基板1と振動板基板4のみを示した。実際には、この上に上基板7が順次接合されて記録ヘッドは構成される）に示すごとく、振動板基板4と第1電極2との間隔を一定に保つために下基板1に設けられた段差10の側面11に第2電極12を設けたものである。陽極接合時には、第2電極12及び第1電極2と振動板基板4は外部配線で同電位にする（それぞれに単独に引き出しパッド部にプローブ端子を接続し、その端子の配線を接続して同電位とする）。こうすることによって接合時に段差10の側面11と振動板基板4とに働く静電力を皆無にすることができ、従って、ギャップの再現性、均一性を著しく向上できた。この構成のもう一つの利点は、効果が段差部の形状（段差10の側面11と第1電極2の設けられた面とのなす角度 α ）にほとんど依存しないことである。図3では、第2電極12上には絶縁膜3はないが、絶縁膜の有無は本発明の効果には一向に関係がない。

【0026】図4は、請求項3の発明を説明するための図であって、図4には下基板1と振動板基板4のみを示したが、実際には、この上に上基板7が順次接合されて記録ヘッドは構成される。振動板基板4と第1電極2との間隔を一定に保つために、下基板1に設けられた段差10の側面11に第2電極12を設けた、かつ、図示したごとく第2電極12は振動板基板4と電気的に接触するようにパターニングされている。下基板1の材料としては、ガラス（特には、パイレックス#7740、#7070、#7059等）を使用した。特にこれらに限定されるものではない。記録ヘッドをこのような構成にすることにより、陽極接合時に第2電極12と振動板基板4を外部接続を使用することなしに同電位にすることができる。つまり、通常は、図3を参考に説明した請求項2の発明の実施例のように、引き出しパッド部にプローブ端子を接続し、その端子の配線を接続して同電位としているが、プローブ端子では接続不良が起こる可能性が高く、また、接続治具も複雑になる欠点があるが、本発明によれば、第2電極12と振動板基板は自動的に電気的に接続され同電位となる。しかも、請求項2の発明と同様の効果及び利点も得ることができる。

【0027】次に、第2電極のパターン化について説明する。まず、下基板1上に電極材料として主として金属材料の薄膜をスパッタ法、蒸着法、EB蒸着法、等の気相合成法にて堆積した。より具体的には、金属材料として、Ti/Pt, Ni, Cu, W, Ta, NiCr, Cr等を用いて膜厚 0.05 から 0.5 ミクロン形成した。金属の他に透明導電（ITO, ZnO, SnO）等

が使用できるが、これらの材料に特に限定されるものではない。次に、レジストを塗布し、第1電極2及び第2電極12パターンを同時に露光し、エッチングにて電極とした。第2電極12パターンは、振動板基板4と接するように設計しておくことで、フォトリソ回数を増やすことなく第2電極を作製することができる。また、保護層としては、 SiO_2 、 SiNx 、 SiONx 、等の無機絶縁膜が使用され、スパッタ法、蒸着法、EB蒸着法、等の気相合成法にて堆積せしめ、フォトリソ、エッチングにて保護層とした。

【0028】図5は、請求項4の発明の構成を示す図である（図5には下基板1と振動板基板4のみを示した。実際には、この上に上基板7が順次接合されて記録ヘッドは構成される）。本発明は、請求項3の記録ヘッドにおいて、振動板基板4と下基板1とが陽極接合される以前には、第1電極2と第2電極12が引き出し電極部13で接続されており、陽極接合後には、図5中にカット分として示すように、例えば、レーザトリマー、エッチング等によりカットして電気的に断絶した状態としたものである。図5に示したごとく、第2電極12は、振動板基板4と電極的に接触するようにパターンニングされており、しかも、第1電極2と第2電極12が引き出し電極部13で接続されているため、振動板基板4と第1電極2と第2電極12とは自動的に同電位となる。この構成によれば、請求項2、3の発明のように外部接続を使用することなく接合することができる。従って、プローブ端子に付帯する接続不良は皆無となり、かつ、接続治具も簡単になる。また、ギャップの再現性、均一性を著しく向上することができ、この効果は、段差部の形状（図2に示したものと同一であり、段差10の側面11と第1電極2の設けられた面とのなす角度 α ）にほとんど依存しない。

【0029】図6は、請求項5の発明を説明するための図であって、記録ヘッドの断面を示したものである。本

発明の最大の特徴は、段差の側面と電極の設けられた面とのなす角度 α が著しい鋭角であることを積極的に利用して、同一の駆動電圧であっても、比較的大きな振動板の変位を得られるようにしたことにある。構成について説明すると、段差10の側面11と電極の設けられた面とのなす角度 α は 15° 以下であり、第1電極2が段差の側面11に跨って設けられている。静電力は対向する電極の距離の2乗に反比例して増加するため、振動板と電極の距離が最も短い側面11端部より、中心部へと比較的低電圧で大きな静電力が順次作用していく。すなわち、振動板5が電極表面に密着すると次の位置でのギャップが実質減少するために、逐次中心部まで変形が進行するものである。また、振動板5が電極表面に密着するので、ショート防止のために電極上あるいは振動板の対向表面に絶縁膜3が設けられている。他の構成ではギャップ $0.5\mu\text{m}$ で通常70Vで $0.1\mu\text{m}$ の変位が発生するのに対して、本発明では、ギャップ $0.5\mu\text{m}$ で通常40Vで $0.1\mu\text{m}$ の変位が発生した。さらに、本発明のもう一つの効果は、請求項2乃至4の発明に関連して説明したと同様の方法によって、振動板基板4と電極基板（下基板）1との接合時に段差10の側面11と振動板基板4との間で働く静電力を皆無にすることができ、従って、ギャップの再現性、均一性を著しく向上することができる。

【0030】請求項5の発明に関連して説明した静電型インクジェット特有の問題点として、絶縁膜の表面に吸着した水分あるいはOH基による電極と振動板との接着等の問題点がある。そこで、振動板と絶縁膜の固着の問題に関して鋭意研究を行った結果、膜の表面エネルギーが固着を支配する主要因であることが判明した。振動板固着と絶縁膜の全表面エネルギーの関係を示したのが下表2である。

【0031】

【表2】

材 料	全表面エネルギー mJ/m^2	振動板固着の頻度%
フッ素樹脂	15.5	0
ポリスチレン	40.6	0
エポキシ系樹脂	46.2	0
ポリメタクリレート	55	4
SiO_2	250	90
Al_2O_3	620	95

振動板固着の頻度:100Bitsの振動計(巾 $200\mu\text{m}$ 、厚さ $8\mu\text{m}$)の固着率

【0032】表から明らかなように、絶縁膜の全表面エネルギーが約 $50\text{mJ}/\text{m}^2$ 以下であれば、振動板固着の確率は著しく減少し、実用上支障柄を来たさない程度となる。さらに、好ましくは、 $45\text{mJ}/\text{m}^2$ 以下であった。絶縁膜の材料としては実際上はフッ素樹脂、ポリスチレン、エポキシ系樹脂、ポリレン等の有機材料が適しているが、特にこれらに限定されるものではない。

【0033】記録ヘッドの絶縁膜としては、前記振動板との固着の問題の他に、絶縁破壊耐圧が高いこと、耐プロセス性に鑑み化学的安定性が高く、かつ、硬度が高いこと等が要求される。そのため、上記要件を全て満足する絶縁膜に関し、鋭意研究を重ねた結果、気相法で作製した硬質炭素膜が好適であることが見出された。

【0034】ここで、本発明の記録ヘッドの硬質炭素膜

についてその製法及び特性について説明する。硬質炭素膜を形成するためには、有機化合物ガス、特に、炭化水素ガスが用いられる。これら原料ガスにおける相状態は、常温常圧において必ずしも気体である必要はなく、加熱あるいは減圧によって溶解、蒸発、昇華等を経て気化し得るものであれば液体でも固体でも使用可能である。炭素源としては、 C_2H_6 、 C_3H_8 、 C_4H_{10} 、等のパラフィン系炭化水素、 C_2H_4 、等のアセチレン系炭化水素、あるいは、ジオレフィン系炭化水素、更には、芳香族系炭化水素などすべての炭化水素を含むガスが使用できる。さらに、炭化水素以外でも、例えば、アルコール類、ケトン類、エーテル類、エステル類、 CO 、 CO_2 等少なくとも炭素原子を含む化合物であれば使用可能である。また、膜中に SP_3 結合の炭素と同時に生成されてくる SP_2 結合の炭素を選択的に除去するためには水素を含むガスが用いられる。具体的には H_2 、 H_2O 等である。

【0035】原料ガスからの硬質炭素膜の形成方法としては、成膜活性種が直流、低周波、高周波、あるいは、マイクロ波等を用いたプラズマ法により生成されるプラズマ状態を経て形成される方法が好ましいが、大面積化、均一性向上、成膜温度の低温化等の目的で磁場効果をも併用した方法（ECRプラズマCVD法）が更に好ましい。その他にもイオンプレーティング、クラスターイオンビーム等により生成されるイオン状態を経て形成してもよく、また、ECRスパッタあるいはスパッタ等により生成される中性粒子から形成しても、更には、これらを組み合わせた方法で形成してもよい。このようにして作製される硬質炭素膜の成膜条件の一例は、プラズマCVDの場合の概ね次の通りである。また、得られた膜の機械特性は前述した通りである。

【0036】

RFパワー：0.1～50W/cm²

圧力：10⁻³～10Pa

堆積温度：室温～900℃

【0037】得られた硬質炭素膜は炭素原子を主要な構成元素とし、非晶質及び微結晶質の少なくとも一方を含む膜状物質であった（ダイヤモンド状炭素膜、i-C膜、アモルファスダイヤモンド膜とも呼ばれている）。硬質炭素膜の一つの特徴は、以下の通りである。気相成長で比較的低温で合成できる点、膜の表面エネルギーが低く撥水性がある点、絶縁耐圧の点で優れており（ 5×10^6 V/cm以上）かつ化学的安定性に優れている。硬度が高くかつ摩擦係数が小さい（0.3～0.1）ので、耐摩耗性が優れている。ヤング率が3～7（10⁴ Kg/mm²）と大きい。従って、前記絶縁膜の目的を達成するためには好適な材料である。

【0038】上記の目的に適している硬質炭素膜の膜厚は、50～500nmであった。50nm以下では基板の表面性にもよるが、膜の耐圧が減少し、かつ、長期使

用時における安定性の低下が著しい。さらに、500nm以上では膜の剥離が頻発した。これらの理由から膜厚の範囲としてより好ましくは100～350nmであった。

【0039】更に、膜の表面エネルギーを低減すべく鋭意研究した結果、膜中の水素原子をF原子で置換えるか、あるいは、N原子を骨格の構成元素として膜中に導入することが特に効果的であることが見出された。F原子を導入するためには、原料ガスとして、 CH_3F 、 CH_2F_2 、 CHF_3 等のF元素を内包する炭化水素系のガスを使用すればよい。また、N原子を導入するためには原料ガスとして N_2 、 NH_3 、 N_2H_4 、等のN元素を内包するガスを使用すればよい。それぞれの原子を膜に導入した際の純水に対する全表面エネルギーの変化を下表に示した。

【0040】

【表3】

	全表面エネルギー (mJ/m ²)
硬質炭素膜	42～46
F原子導入	25～31
N原子導入	35～41

【0041】図7は、請求項7の発明を説明するための図であって、図7(A)は、第1電極2の表面全面にわたって硬質炭素膜14を設けたものを示している。従来素子では、電極の保護膜としては SiO_2 、 Si_3N_4 等の無機酸化物が使用されていた。電極及び保護膜の表面には、空気中の水分、-OHが吸着しており、電極と保護膜が接触した場合に、水素結合的な化学結合が生じ、電圧を零にしても両者が接合した状態のままになってしまう。この現象は、電極を透明電極にしたときに特に著しい。これに対して、硬質炭素膜は、水分、-OH基の吸着量が非常に少なく、上記のような問題は生じなかった。更に、硬質炭素膜は比抵抗及び絶縁耐圧が高く、電気的な絶縁層の機能を果たすことは言うまでもない。図7(B)は、電極2の上の一部だけに硬質炭素膜14を設けたもので、この構成でも上記目的は達成できる。

【0042】

【発明の効果】請求項1に対応する効果：記録体を吐出する吐出口と、記録体に吐出の圧力を加える加圧液室を有し、加圧液室の一部を構成する振動板が形成された振動板基板と、振動板と対向する位置に形成された第1電極を持つ電極基板とを有し、前記電極と振動板の間に働く静電力によって振動板を変形せしめ、その発生した圧力によって記録体を被記録体に吐出する記録ヘッドにおいて、前記振動板と電極との間隔を一定に保つために設けられた段差の側面と電極の設けられた面とのなす角度が14°以上である構成をとったことで、ギャップの再現性、均一性を著しく向上できる。

【0043】請求項2に対応する効果：前記振動板と電

極との間隔を一定に保つために設けられた段差の側面に第2の電極を設けたことで、ギャップの再現性、均一性を著しく向上できる。また、この効果は段差部の形状（段差10の側面11と第1電極2に設けられた面とのなす角度 α ）にほとんど依存しない。

【0044】請求項3に対応する効果：前記第2の電極が前記振動板と電気的に接している構成をとったことで、プローブ端子に付帯する接続不良は皆無となりかつ、接続治具も簡単になる。また、ギャップの再現性、均一性が著しく向上でき、この効果は段差部の形状（段差10の側面11と第1電極2の設けられた面とのなす角度 α ）にほとんど依存しない。

【0045】請求項4に対応する効果：請求項3において、前記振動板基板と電極基板とが陽極接合される以前で、前記第1電極と第2電極が引き出し電極部で接続されており、陽極接合後には電気的に断絶した状態とすることにより、プローブ端子に付帯する接続不良は皆無となりかつ、接続治具も簡単になる。また、ギャップの再現性、均一性を著しく向上でき、この効果は段差部の形状（段差10の側面11と第1電極2の設けられた面とのなす角度 α ）にほとんど依存しない。

【0046】請求項5に対応する効果：前記段差の側面と電極の設けられた面とのなす角度が 15° 以下の鋭角であって、前記第1電極が該段差の側面に跨って設けられ、かつ、電極上あるいは振動板の対向表面には絶縁膜が設けられているために、同一の駆動電圧であっても、比較的大きな振動板の変位が得られる。接合時に段差10の側面11と振動板基板4とに働く静電力を皆無にすることができ、従って、ギャップの再現性、均一性を著しく向上できる。

【0047】請求項6に対応する効果：請求項4における絶縁膜の全表面エネルギーが 50 mJ/m^2 以下であるために、振動板との固着の問題が解決される。

【0048】請求項7に対応する効果：前記絶縁膜が硬質炭素膜であることにより、振動板との固着の問題が解決される。絶縁破壊耐圧が高く素子の破壊が起こらない。化学的安定性が高くかつ、硬度がたかいため耐プロセス性が向上し歩留まりがあがる。

【図面の簡単な説明】

【図1】 本発明による記録ヘッドの断面図である。

【図2】 図1におけるX-X'方向でみた、請求項1の発明を説明するための記録ヘッドの断面図である。

【図3】 請求項2の発明を説明するための、図2と同様の要部断面図である。

【図4】 請求項3の発明を説明するための、図2と同様の図である。

【図5】 請求項4の発明を説明するための、電極基板（第1の基板）の平面図である。

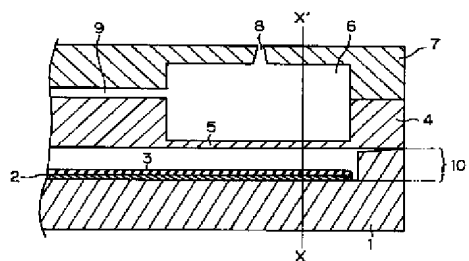
【図6】 請求項5の発明を説明するための、図2と同様の図である。

【図7】 請求項7の発明を説明するための、図2と同様の図であって、図7(A)は硬質炭素膜を電極全面に被覆した例を、又、図7(B)は電極の一部に被覆した例をそれぞれ示している。

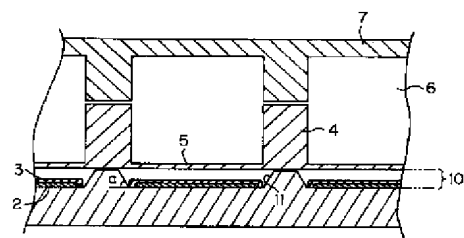
【符号の説明】

1…電極基板（下基板）、2…第1電極、3…絶縁膜、4…振動板基板、5…振動板、6…加圧液室、7…上基板、8…吐出口、9…流路、10…段差、11…（段差の）側面、12…第2電極、13…引き出し電極部、14…硬質炭素膜。

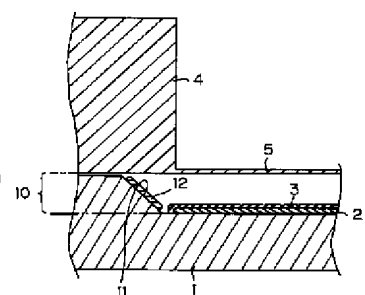
【図1】



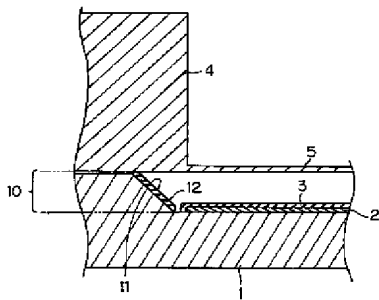
【図2】



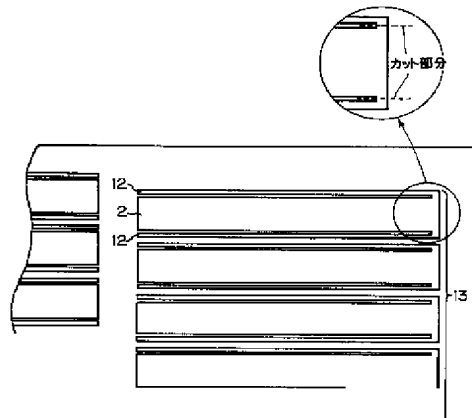
【図3】



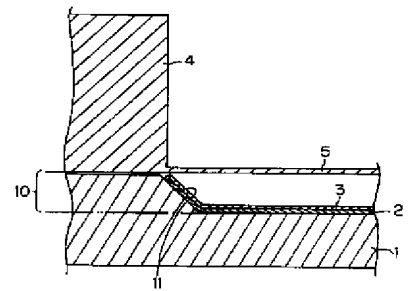
【図4】



【図5】

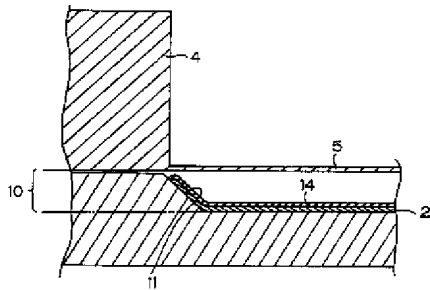


【図6】



【図7】

(A)



(B)

